



Pedro Carmona

**“O som e a sua relação com as forças de reação  
ao solo e com o equilíbrio na corrida”**

**Dissertação de Mestrado em Fisioterapia na área de especialização de  
Avaliação e Aplicação Clínica do Movimento**

### **Orientadores**

Orientador: Professor Doutor Luís Manuel Neves Silva Cavalheiro

Coorientador: Professor Doutor Orlando de Jesus Semedo Mendes  
Fernandes

Novembro de 2018

**“A alegria de ver e compreender é a mais bela dádiva da Natureza”**

**Albert Einstein**

## **Agradecimentos**

A conclusão deste projeto é o culminar de uma ambição pessoal e profissional que vem de longe. Foi desafiante de várias maneiras, muitas inesperadas, que se tornou numa jornada de introspeção, crescimento, resiliência, esforço e dedicação. Não tenho dúvidas que me ajudou a desenvolver como pessoa e como profissional de saúde e espero que este (pouco) conhecimento seja útil para outros colegas e profissionais.

A contribuição e colaboração de algumas pessoas e instituições foi imprescindível para a elaboração e conclusão deste projeto, pelo que não posso deixar de agradecer:

À Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra do Instituto Politécnico de Coimbra por me terem proporcionado as ferramentas e condições necessárias para concluir o presente trabalho.

Ao Professor Doutor Luís Cavalheiro, pela disponibilidade incondicional e orientação neste projeto, cujos conselhos e ajuda foram imprescindíveis.

Ao Professor Doutor Orlando Fernandes, coorientador deste trabalho, pelo seu conhecimento, partilha e interesse demonstrado em desenvolver e levar este projeto a bom porto.

Ao Pedro Rocha, pela colaboração com o Programa Nacional de Marcha e Corrida e ter disponibilizado o Centro de Alto Rendimento para a recolha dos dados.

Aos participantes deste estudo, pela disponibilidade e interesse demonstrado, e sem os quais não teria sido possível a sua realização.

À Tânia, por seres quem és, por tornares a minha vida mais feliz e pelo apoio e ajuda quando tinha de me dedicar ao trabalho.

À Eva, que quando nasceu já este projeto estava a andar e que começou a andar agora que está a terminar. Mudaste por completo a minha vida, és um desafio constante que me faz crescer e sorrir todos os dias.

Aos meus pais, por tudo o que fizeram e continuam a fazer. Pelos valores que me transmitiram, pelos ensinamentos e oportunidades que me proporcionaram. À minha

mãe, por me ter ensinado a acreditar e a lutar pelos meus sonhos. Ao meu pai, por me ter inspirado a investir no conhecimento e desenvolvimento pessoal.

Ao meu amigo Raul Mendes pela grande amizade e energia positiva inesgotável, que deixa saudades por ter partido demasiado cedo.

Aos meus colegas de Mestrado, pelo companheirismo, amizade e apoio ao longo destes anos.

## Resumo

Título: “O som e a sua relação com as forças de reação ao solo e com o equilíbrio na corrida”

Introdução: A incidência de lesões na corrida permanece elevado e uma das possíveis causas são as forças de reação ao solo. O som tem sido utilizado empiricamente como *feedback* para retreino da corrida, e consequente redução das forças de impacto.

Objetivo principal: Avaliar se existe correlação entre as variáveis do som e da cinética durante a corrida.

Objetivos Secundários: Avaliar se existe correlação entre as variáveis do som e as características dos corredores e a aplicabilidade de um telemóvel com um microfone externo na medição da intensidade do som.

Metodologia: Realizou-se um estudo descritivo-correlacional, que contou com a participação de 16 corredores, 4 (25%) eram do sexo feminino e 12 (75%) do sexo masculino, tinham em média  $46.6 \pm 12.6$  anos e um peso de  $70.4 \pm 12.8$  kg. Os participantes deslocaram-se ao Centro de Alto Rendimento no Jamor para a recolha dos dados de som e cinética durante a corrida. Analisaram-se o tempo de duração do som e a sua intensidade, as forças de reação ao solo, tempo de contacto ao solo, velocidade do passo e variação total, velocidade média e entropia do CoP.

Resultados: Na análise dos resultados, comparou-se o som com as características dos corredores, cinética e equilíbrio através do teste não paramétrico de *Spearman*, não se tendo observado correlação entre as variáveis estudadas ( $p > 0,05$ ).

Conclusão: Este estudo demonstrou que o som não está associado às características dos corredores, nem a forças de reação ao solo, tempo de apoio e equilíbrio dos corredores. Um telemóvel com um microfone externo unidirecional mostrou-se uma ferramenta eficaz na medição da variação de intensidade do som.

Palavras-chave: som, corrida, forças de reação ao solo, equilíbrio, análise da corrida, *biofeedback*, retreino da corrida

## **Abstract**

Title: Sound and how it relates with ground reaction forces and balance in running

Introduction: The incidence of running injuries has remained high and one of the most probable cause are the ground reaction forces. Sound has been empirically used has feedback for gait retraining, and subsequent ground reaction force's reduction.

Prime objective: To assess if there's a correlation between the sound and kinetic variables during running

Secondary Objectives: To assess if there's a correlation between the sound variables and the runner's characteristics and the applicability on the measure of the sound's intensity with a cell phone with an external microphone.

Methodology: This was a descriptive-correlational study that had 16 runner, 4 (25%) were female and 12 (75%) were male, they had in average  $46.6 \pm 12.6$  years old and  $70.4 \pm 12.8$  kg of weight. The participants went to CAR in Jamor to sound and kinetic data gathering during running. The sound duration and its intensity, ground reaction forces, contact time, step speed and total variation, average speed and entropy of the centre of pressure were measured.

Results: Analysing the results, sound was compared with the runner's characteristics, kinetic and balance using Spearman's non parametric test, there was no correlation between the studied variables ( $p > 0, 05$ ).

Conclusion: This study has demonstrated that sound isn't associated with runner's characteristics, or the ground reaction forces, contact time and balance. A cell phone with an external microphone proved to be an effective tool to measure sound's intensity variation.

Key-words: sound, running, ground reaction forces, balance, running analysis, *biofeedback*, gait retraining

## **Abreviaturas**

AP – Antero-Posterior

CAR – Centro de Alto Rendimento

CdC – Coeficiente de Correlação

CoP – Centro de Pressão

FPA – Federação Portuguesa de Atletismo

FRS – Força de Reação ao Solo

IPC – Instituto Politécnico de Coimbra

Kms - quilómetros

ML – Médio-Lateral

*OH - Ohio*

# Índice

<b>Introdução .....</b>	<b>1</b>
<b>Metodologia .....</b>	<b>12</b>
Tipo de estudo.....	12
Participantes.....	12
Instrumentação .....	12
<b>Considerações éticas .....</b>	<b>13</b>
Procedimentos .....	14
Análise e Processamento de dados.....	16
<b>Resultados.....</b>	<b>17</b>
Caracterização da amostra.....	17
Caracterização da Corrida e do equilíbrio.....	17
Som vs características pessoais.....	18
Som vs Força.....	18
Som vs Equilíbrio .....	19
Som (intra-corredor) .....	20
<b>Discussão.....</b>	<b>21</b>
Limitações do estudo .....	23
<b>Conclusão.....</b>	<b>24</b>
<b>Bibliografia.....</b>	<b>25</b>
<b>Anexo 1 - Pré-teste 1 .....</b>	<b>32</b>
<b>Anexo 2 - Pré-teste 2 .....</b>	<b>33</b>
<b>Anexo 3 – Parecer Comissão de Ética .....</b>	<b>34</b>
<b>Anexo 4 – Declaração de Compromisso de Honra .....</b>	<b>35</b>
<b>Anexo 5 - Questionário de caracterização demográfica .....</b>	<b>36</b>
<b>Anexo 6 - Explicação do estudo aos participantes .....</b>	<b>37</b>
<b>Anexo 7 – Análise, recolha e tratamento de dados .....</b>	<b>38</b>
Tabelas de Resultados.....	40



## Introdução

A corrida é uma prática ancestral, estima-se que as suas raízes têm 2 milhões de anos, e segundo algumas teorias, é responsável pela evolução para *homo erectus* e *homo habilis* e determinante pela forma como o nosso corpo se foi adaptando até à forma que possui nos dias de hoje. Historicamente, fomos adaptando e aperfeiçoando para a corrida de resistência, essencialmente com uma dupla função, como modo de fuga ou de caça. Hoje em dia, este tipo de corrida é essencialmente uma forma de exercício e recreação.(1)

Ao longo do tempo tem vindo a tornar-se numa das modalidades desportivas mais praticadas a nível global, e tem vindo a crescer exponencialmente nas últimas décadas, não só o número de eventos tem aumentado mas também a nível de participantes, sendo que em Portugal, é o 4º desporto mais praticado.(2,3) A corrida é o desporto mais natural, muitos outros desportos também envolvem a corrida, e em condições normais, qualquer ser humano consegue correr sem necessitar de aprender como o fazer, de material ou espaço físico para o praticar. Estes aspetos ajudam a compreender o porquê deste crescimento nos últimos anos, as principais razões que levaram a este aumento são: o custo nulo ou reduzido, apesar do dinheiro gasto em material relacionado com a corrida possa ser elevado devido ao preço e desgaste dos ténis, entre roupa e acessórios; a facilidade de praticar, virtualmente pode-se correr em qualquer sítio; e aos benefícios para a saúde, nomeadamente a composição corporal, saúde musculoesquelética e cardiovascular e estado mental. (3–5) A saúde é o que mais tem contribuído devido a uma crescente consciencialização das vantagens da prática de exercício físico regular e ao aumento dos programas de promoção de saúde. Williams *et al* analisaram os dados médicos de mais de 8 mil corredores, e observaram que os níveis de colesterol e a hipertensão baixaram, bem como o uso de medicação. (5)

Nielsen *et al* investigaram os benefícios da corrida quando associada a uma dieta, obtendo uma significativa redução da massa corporal. (6)

Lee *et al* apontam a corrida como uma chave do estilo de vida para a longevidade devido aos seus inúmeros benefícios. Observaram que os corredores têm um risco 30 a 45%

mais baixo para todos os riscos de mortalidade, sendo protetivo contra doenças cardiovasculares e cancro, as duas maiores causas de morte nos países industrializados. Também há evidência de que pode ser protetivo contra a mortalidade relacionada com doenças neurológicas, como Alzheimer, Parkinson e infeções respiratórias. Estes benefícios são independentes da idade, sexo, peso e consumo de álcool.(7)

Podem melhorar os fatores de risco de numerosas doenças crónicas como hipertensão, dislipidémia, sensibilidade à insulina, regulação da glucose no sangue, incapacidade funcional, baixa densidade mineral óssea e diminuição da capacidade cardiorrespiratória.(7)

A corrida pode ser considerada a intervenção no estilo de vida com melhor custo-efetividade de uma perspetiva de saúde pública, mais importante que outros estilos de vida/ fatores de risco como fumar, obesidade, hipertensão e diabetes. Ainda tem que ser estudado até quanto é benéfico e se correr demasiados kms pode ter um efeito prejudicial. Outra contrapartida é que não pode ser recomendado para toda a gente, devido a condições médicas (p.e. ortopédicas) que podem restringir a sua prática.(7)

Apesar de todas as suas vantagens, a corrida tem os seus aspetos negativos, e o aumento do número de participantes tem sido acompanhado por uma elevada taxa de lesões musculoesqueléticas, que pode ter um efeito adverso nos benefícios para a saúde devido à restrição parcial ou total da corrida, e dos problemas financeiros, médicos e emocionais associados.(4)

A prevalência de lesões é muito díspar entre os estudos efetuados ao longo do tempo, devido aos diferentes subgrupos avaliados, à definição da lesão específica, a quem efetuou o diagnóstico, ao modo como foi calculada. O que não deixa qualquer dúvida é a região mais afetada, a parte distal da perna que compreende o pé, o tornozelo, a perna e o joelho onde se concentram a maior incidência de lesões. Como foi possível observar na revisão sistemática de Lopes *et al*, na qual concluíram que as lesões relacionadas com a corrida mais frequentes são o Síndrome de *stress* tibial medial, comumente conhecida por “canelite”, tendinopatia do Aquiles e fascite plantar. Contudo, para corredores que participam em ultramaratonas a tendinopatia do Aquiles e o síndrome femoro-patelar são mais comuns. (8) Não só o tipo de lesões varia como a sua incidência consoante as

distâncias das provas em que os atletas participam, tendo-se verificado um maior número de lesões em sprinters e em ultramaratonistas. Também os corredores que iniciam esta prática têm uma proporção de lesões muito acentuada, podendo ir até 84,9%.(9)

O número de lesões que ocorrem anualmente permanece elevado, num inquérito realizado junto dos atletas, Vitez *et al* observaram que 33% dos corredores sofre pelo menos uma lesão por temporada. (10) Van gent *et al* constataram que a incidência de lesões pode variar entre 19,4% e 79,3% e que o joelho é zona mais afetada por lesões. (11)

A lesão tem efeitos negativos não só a nível físico como social e psicológico. O tempo de recuperação é em média 56 dias, mas varia consoante a lesão e está dependente dos aspetos biopsicossociais que influenciam cada atleta. Uma lesão no menisco medial, nos isquiotibiais ou o síndrome de *stress* medial tibial são as que demoram mais tempo a recuperar.(12)

O que define uma lesão relacionada com a corrida baseia-se essencialmente em dois domínios, a presença de uma queixa física, por norma, uma lesão na extremidade inferior, e a necessidade de um período de recuperação, que implica uma redução do treino/competição. Na literatura científica, as descrições utilizadas pelos investigadores apresentam uma grande variabilidade o que pode justificar não só a disparidade de prevalência de lesões encontradas nos estudos mas também a nível dos fatores de risco. (13)

Há diversos fatores de risco que contribuem para a ocorrência destas lesões, nomeadamente fatores extrínsecos e intrínsecos e a interação entre estes pode aumentar o risco de lesão. Meeuwisse *et al* propõem um modelo atualizado da etiologia das lesões desportivas que considera que cada atleta tem o seu conjunto único de fatores intrínsecos (p.e. idade, controlo neuromuscular, historial de lesão) que podem ser minimizados com a exposição a determinados eventos que promovem a sua adaptação. A interação destes com os fatores extrínsecos podem minimizar ou potencializar o risco de lesão, pois é a fase onde todos os riscos se acumulam. Este

conceito apresenta uma possível explicação para a variabilidade de fatores de risco que se têm observado para as diferentes lesões. (14)

Linton *et al* registaram 50% de lesões atuais nos atletas, e mais preocupante é que 94% deles continuava a correr apesar de essa lesão lhes provocar dor pois o fator de risco com maior evidência é historial de lesão nos últimos 12 meses.(15) Este é um aspeto importante pois quanto maior o período de tempo desde essa lesão, aparentemente o fator de risco tende a diminuir. Outros dos principais fatores de risco são a idade avançada, um maior IMC, queixa musculo esquelética prévia. (15,16)

A experiência de corrida tem-se apresentado como um dos fatores de risco mais importantes, Videbaek *et al* observaram que os corredores principiantes têm um risco de lesão de 18% (por cada 1000h), no caso dos corredores mais experientes este risco baixa para os 8%. Linton *et al*, partilharam a mesma conclusão, verificando que os corredores principiantes têm maior risco de lesão, e acrescenta que mais de 2 anos de experiência de corrida funcionam como fator protetor, provavelmente devido à adaptação do corpo à corrida que ocorre ao longo do tempo. (16,17)

Para além dos anos de experiência de corrida, o historial de lesão apresenta-se como um dos principais fatores de risco, podendo ir até 56%. Juntamente com o maior índice de massa corporal, e o volume de treino por semana, estes são os fatores que reúnem maior consenso. Existem outros potenciais fatores de risco, embora não apresentem muita evidência científica como é o caso do pé cavo, da maior idade, da diferença de comprimento entre membros inferiores e do uso de palmilhas.(4,10,15,16,18–22)

A pronação excessiva do pé também foi inicialmente apontada como uma das maiores causas das lesões na corrida, e continua a ser um aspeto controverso na literatura científica, Chuter *et al* consideram que a pronação até pode ter um efeito protetivo no desenvolvimento de fraturas de *stress* na tíbia e no fémur. (23) Tweed *et al* investigaram a postura estática e dinâmica do pé e concluíram que a pronação excessiva está associada ao síndrome de *stress* tibial medial. (24)

A redução da estabilidade do “core” também tem sido debatida, nomeadamente na fraqueza e fraco controlo neuromuscular dos músculos abdutores e rotadores externos da anca. Este fator está implicado no desenvolvimento de diversas lesões de sobrecarga

a nível do pé e tornozelo e dor patelo femoral, síndrome da banda iliotibial, lesão do LCA. (23,25,26)

Mais recentemente têm saído os primeiros estudos prospetivos de longa duração que procuram investigar quais os fatores que podem potenciar lesões nos corredores. Messier *et al* realizaram, que se saiba, o estudo mais completo até à data, onde avaliaram exaustivamente e acompanharam quase 300 atletas durante 2 anos. A incidência e as lesões mais prevalentes estão de acordo com outros estudos, tendo-se verificado 66% de lesões, tendo as mulheres apresentado maior risco de lesão e de acordo com a zona, o joelho foi o mais afetado, seguido do pé. Observaram que a rigidez do joelho se apresentou como o único fator de risco, indicando que o mecanismo de absorção de impacto pode ter uma maior importância que se tem atribuído e contrariando os fatores de flexibilidade, altura do arco, ângulo Q, movimento do retropé, força da extremidade inferior, kms semanais, tipo de calçado e lesão anterior.(4)

Por outro lado, e mais recentemente tem-se atribuído maior atenção à gestão da carga de treino/competição. Bertelsen *et al* referem que a carga que uma estrutura tem capacidade de aguentar antes de uma sessão de corrida é sujeita a uma redução durante a mesma e que consoante a carga aplicada (que está relacionada com a magnitude, a distribuição pelos tecidos e carga acumulada ao longo da sessão) leva a uma lesão se a capacidade de aguentar a carga for excedida.(27)

Eung *et al* sugerem que a gestão da quilometragem semanal e a sua distribuição pelos diversos treinos pode contribuir para a redução do risco de lesão. (28) Desde há vários anos, a regra largamente aceite é a dos 10%, na qual o valor semanal apenas deve subir 10% em relação à semana anterior. Contudo, outros fatores devem ser tidos em conta nesta gestão como o historial de lesões e o IMC. (29,30)

Controlando as forças de impacto ou minimizando-as, é uma das formas de contribuir para essa gestão, pois a falta de controlo desta vertente pode levar ao aparecimento de fraturas de *stress*.(31,32)

A biométrica do passo foi primeiro descrita por Pedretti em 1977, mas apenas 20 anos mais tarde é que começaram as primeiras experiências, apesar de ser uma métrica

relativamente nova em comparação com outras, muitas investigações têm sido feitas recentemente, fazendo progressos interessantes. Esta medida tem a grande vantagem de precisar de pouca cooperação por parte do utente, contudo podem apresentar uma grande variabilidade dentro da mesma classe, devido a levarem pesos, calçado diferente e velocidades de marcha ou corrida diferentes. Por norma, este tipo de medição serve para investigar as forças de reação ao solo com recurso a uma plataforma com sensores.(33) Daí que abordagens de equipamento de análise de marcha, quantitativo, de baixo-custo e portátil venham tornando-se mais populares.(34)

A biomecânica do membro inferior tem sido muito estudada, de modo a tentar prever que variáveis estão associadas a um maior risco de lesão, e especificamente a que tipo de lesão. A força de impacto, a taxa de carga vertical, a aceleração tibial são alguns dos aspetos mais abordados, contudo a sua evidência é limitada e em alguns casos conflituosa. Mais estudos estão a ser desenvolvidos na procura de uma relação com as lesões relacionadas com a corrida. (35–38)

Durante a corrida são geradas forças de impacto, estas têm origem devido à colisão entre dois objetos, sendo que na corrida são o pé (sapato de corrida) e o chão. A força de reação ao solo apresenta dois picos de intensidade, primariamente o pico de impacto e depois o pico de força ativo. Na fase de impacto, quando o pé toca no solo, os tecidos moles realizam trabalho negativo (excêntrico) de modo a ajudar no amortecimento, mas também implica na energética da corrida, pois a energia elástica vai ser reaproveitada positivamente. A (in)capacidade do corpo absorver esta energia está relacionada com o surgimento de lesões. (39,40)

Uma das estratégias de modular as forças de reação ao solo é através da modificação do padrão de corrida, que como descrito anteriormente pode aumentar o risco de lesão.(35) O aumento da taxa de carga aumenta o risco de fraturas de *stress* e possivelmente o risco de outros tipos de lesão devido a sobrecarga. (31) O retreino da corrida pode diminuir as forças de reação ao solo e consequentemente o risco de lesão.(41)

O retreino da corrida requer pouco equipamento e tem apresentado resultados positivos a nível da dor, função e mecânica anormal, como se observou no estudo de

Willy *et al* onde as alterações se verificaram após 3 meses o que sugere que se mantêm ao longo do tempo e com transição para outras atividades como agachamento unipodal e descer de um degrau. (42,43) Outra vantagem é que a sua aplicação é eficaz independentemente do nível dos atletas, sendo possível modificar alguns parâmetros da corrida em novatos e experientes, e mesmo com patologias como osteoartrite a nível dos joelhos.(41,43,44)

Num curioso estudo, Cheung *et al* avaliaram se os parâmetros alterados com o treino da corrida se mantinham mesmo se os atletas estivessem a correr distraídos a efetuar uma dupla ação (contar enquanto corriam). Verificaram que os mesmos efeitos se mantinham, concluindo que as alterações são eficazes e duradouras mesmo após o período de treino.(45)

Atualmente, um dos métodos mais utilizados para recolher informação de forma rápida, de baixo custo e eficaz é através da análise cinemática em 2D, que pode ser utilizada no treino do padrão de corrida, permitindo avaliar diversos parâmetros como a cadência e o tipo de apoio.(46)

Para avaliar as forças de reação implicadas no momento de contacto entre o pé e o chão recorre-se idealmente a uma plataforma de forças, considerado o instrumento de eleição. No contexto clínico, este instrumento nem sempre está acessível ou não é prático quando se pretende que um atleta corra a uma determinada velocidade ou distância. Como tal, muitas vezes utiliza-se o som resultante do contacto do pé ao solo para avaliar a passada de forma subjetiva. Alguns estudos abordaram esta questão, e apesar de não encontrarem nenhuma relação entre as forças e a intensidade do som, este mostrou-se como uma ferramenta de feedback eficaz. (47,48) Um estudo avaliou a variável do som mas na realização de saltos e observaram que está não só associado às forças de reação ao solo como a alterações cinemáticas (amplitude de movimento do tornozelo e joelho)(49) contudo na corrida o movimento é linear e as forças implicadas são diferentes das de um salto.

Entre o pé e a plataforma ou o solo está o calçado, que tem influência no som e nas forças de reação ao solo provocado quando se realiza o contacto, e no equilíbrio. O tipo

de material utilizado na sola, a rigidez da mesma, o tamanho são algumas das características que mudam o contributo que têm nas referidas variáveis.(50–52)

O som pode ser definido como uma onda longitudinal que se propaga de forma circuncêntrica, em meios materiais, como os sólidos, líquidos e gasosos. Os sons que ouvimos são normalmente uma combinação de sinais, mas um som monotónico possui uma frequência que se mede em Hz e uma amplitude que se mede em decibéis. O ser humano apenas consegue ouvir as frequências entre 20 e 20.000Hz.(53)

Na saúde, o som possui diversas aplicações, pode ser utilizado como instrumento de diagnóstico através das ecografias, permitindo observar órgãos e músculos, ou mesmo observar e controlar o desenvolvimento de um bebé. Também é utilizado com fins terapêuticos como na litotricia ou na reabilitação através do ultra-som terapêutico. Para todas estas aplicações tem a vantagem de ser um método não invasivo e não doloroso.(54)

Por outro lado, os sons produzidos pelo próprio ser humano permitem-nos avaliar a sua condição através de um estetoscópio, instrumento que nos permite ouvir os sons provenientes do coração e dos pulmões.(54)

O som associado ao movimento também tem sido investigado, nomeadamente através do som que fazemos enquanto andamos ou corremos. Bresin *et al*, efetuaram um estudo para analisar a capacidade de reconhecermos e distinguirmos esses sons, e concluíram que conseguimos distinguir perfeitamente quando alguém está a andar ou a correr, mas se ouvirmos apenas um passo temos maior dificuldade em identificar o tipo de marcha que a pessoa está a efetuar.(55)

A prevalência de limitações de audição tem aumentado com o envelhecimento da sociedade e com a maior utilização de aparelhos eletrónicos. A perda de audição é definida por limites audiométricos: o som mais baixo (a nível de dB) que um indivíduo consegue detetar através de diversas frequências. Calcula-se que 9 a 17% das pessoas com 15 anos de idade ou mais tenham perda de audição bilateral, para além da idade também as sociedades modernas estão em maior risco. Durante um treino ou análise da corrida, é comum o treinador ou clínico recorrer ao som produzido pela passada do



atleta para perceber se a técnica de corrida está correta ou não. Há que considerar estes aspeto quando se pretende utilizar a audição como ferramenta de *biofeedback*.(56–58)

A análise da corrida é o estudo sistemático da corrida humana que pode ser definido como um método de locomoção para suporte e propulsão (adaptado de whittle 2014). A maioria das técnicas atuais de análise da marcha são aplicadas no campo visual, tem sido aliás uma área ativa de pesquisa nos últimos anos. Contudo a pesquisa baseada na análise áudio tem obtido resultados promissores. Um problema que surge com frequência nos dados relacionados com a frequência é a sensibilidade a superfícies de contacto, assim como variações no calçado, roupa, superfícies do chão, etc., produzem diferentes sons que podem afetar negativamente a recolha de dados. Apesar de não produzir tanta informação, pode ser vantajosa como uma forma de rastreio pouco dispendiosa. Comparando com os sistemas visuais, as técnicas acústicas não são sensíveis à iluminação, visibilidade, e ângulo de marcha. E a análise acústica apenas requer sensores pouco dispendiosos com uma densidade de sensores mínima.(59) Outra vantagem é que as amostras áudio são inerentemente menos sensíveis a alterações no vestuário, iluminação e a alterações menores no calçado ou nos ângulos realizados durante a corrida. Contudo, como a nossa sequência de observação é baseada no tempo, alterações que afetem a passada provavelmente irão afetar negativamente a performance. Adicionalmente, a nossa análise presume um ambiente relativamente tranquilo, o qual apenas os passos de uma pessoa estão dentro do alcance acústico. Apesar de tudo, em muitos casos, provavelmente seria possível pré-processar a informação para extrair os sons dos passos do ruído de fundo.(59)

Outros métodos de *wearables* de análise da marcha focam-se na análise de dados obtidos através de sensores inerciais. Wang *et al*, num estudo inovador experimentaram um sistema *wearable* de análise da marcha de baixo-custo e sem fios, que usa sensores de microfone para recolher sons dos passos durante a marcha. (34)

O treino do padrão da corrida tem-se mostrado eficaz na mudança de cadência, tipo de contacto ao solo, redução da carga tíbia, na redução das forças de impacto. (60–63) Bowser *et al* observou que a redução do impacto através do retreino da corrida pode manter-se até um ano após a intervenção, o que o torna uma ferramenta eficaz na redução do risco de lesões musculoesqueléticas. (62)

O recurso ao som como comando verbal é uma técnica que tem mostrado eficácia na redução do impacto.(64) O feedback áudio também se tem mostrado uma ferramenta eficaz na redução de picos de impacto no movimento de aceleração da tíbia, forças de reação ao solo e cadência. Yargawa *et al* mostraram que este tipo de intervenção é equiparável a outros tipos de treino do padrão de corrida a nível de magnitude de decréscimo da carga e pico de impacto. (48,63,65,66) Segundo Napier *et al* e Tate *et al*, podemos considerar essa intervenção como a mais eficaz para reduzir alguns dos fatores de maior risco para contrair uma lesão relacionada com a corrida. (35,67)

Chan *et al* realizaram um estudo em que aplicaram o retreino da corrida durante 2 semanas e compararam a incidência de lesões com um grupo de controlo durante um ano e observaram que conseguiram uma redução de 62% de lesões.(41)

Apesar de diversos estudos validarem a utilização do *feedback* visual e auditivo para modificar a biomecânica do atleta, ainda não foi determinado qual o melhor tipo para cada população, nem qual o método de aplicação mais eficaz.(68)

Diversas aplicações têm sido testadas e validadas com sucesso na medição quantitativa de diversos parâmetros. (61,69,70)

O estudo da intensidade do som como variável associada à corrida ainda é uma novidade na comunidade científica. Tate *et al* mediram o nível de dB e usaram esses valores como *feedback* visual para pedirem aos corredores para diminuírem essa intensidade, observando que se associou a uma redução das forças de reação ao solo. Apesar de medirem não registaram a intensidade do som, não tendo investigado a associação entre as duas variáveis. O único estudo desse efeito foi realizado por Phan *et al*, estudaram as passagens de 26 participantes numa plataforma de 10m, e registaram as forças de reação ao solo e o som. Os atletas efetuaram as passagens descalços, eliminando a variabilidade do uso de calçado, em duas condições, corrida normal e corrida “menos barulhenta”. Observaram que ao pedirem para correrem e fazer menos barulho houve uma redução da intensidade do som quando comparado com a sua corrida normal sem instruções. (47,48)

Este estudo pretende aprofundar este tema, contribuindo para a investigação na área da corrida, mais especificamente na prevenção de lesões e reabilitação. O objetivo

principal é investigar se existe alguma correlação entre as variáveis do som e cinéticas durante a corrida, em caso afirmativo quais. Secundariamente, pretende-se estudar a correlação entre as variáveis do som e as características dos corredores e a aplicabilidade de um telemóvel com um microfone externo na medição da intensidade do som.

## Metodologia

### Tipo de estudo

O estudo realizado foi do tipo descritivo-correlacional, de carácter transversal e exploratório. Este desenho de estudo é considerado o mais indicado, uma vez que, o investigador mede as variáveis, mas não intervém e pretende explorar e descrever relações através da recolha de dados num período de tempo único, exprimindo-as em valores numéricos.

### Participantes

A amostra é do tipo não probabilístico, e foi seleccionada por conveniência, associada a um evento formativo organizado pelo Programa Nacional de Marcha e Corrida, excetuando um participante que foi voluntário externo. Dezassete participantes foram recrutados para o estudo, contudo na análise dos resultados, um dos atletas foi excluído devido à sua passagem ter sido efetuada de forma incorreta e não ter permitido a sua correta interpretação. Dos 16 atletas analisados, quatro eram do sexo feminino e doze eram do sexo masculino. Os participantes apresentam uma média de idades de  $45,56 \pm 12,62$  anos e  $70,64 \pm 12,78$ kg de peso. Os participantes eram incluídos se fossem corredores habituais (se corressem pelo menos duas vezes por semana) e sem défice cognitivo acentuado, isto é, com capacidade de compreensão do consentimento informado assim como do questionário a ser colocado. Os atletas eram excluídos se tivessem tido alguma lesão que os impedisse de treinar nos últimos 3 meses.

### Instrumentação

Os dados cinéticos da corrida foram recolhidos através de uma plataforma de forças *Bertec*, modelo 6012-15 600 1200 150 62, *Columbus, OH 43229 U.S.A.* (71), com dimensões de 600 mm por 1200 mm, embutida no chão. Foram obtidas as forças de reação ao solo ocorridas nos planos AP, ML e vertical. O tratamento da informação recolhida foi realizado com



Imagem 1 – Plataforma de Força e de Pressões

uma suavização de 25 Hz, utilizando um filtro passa baixo (*Butterwood*). A frequência de recolha foi de 1000Hz. A variação do CoP foi avaliada na referida plataforma de forças e de pressões (*Footscan Balance, RSScan International*). As oscilações do atleta são projetadas na plataforma como variações do CoP. A amplitude e a frequência foram medidas nas direções AP e ML.

Foram utilizadas duas câmeras (Canon SX710 HS) para analisar a cinemática e os dados do som foram obtidos através de um microfone externo *Dayton IMM-6* acoplado a um telemóvel *Huawei P20 lite* através da aplicação *Audiotool* para o sistema operativo *Android* e do microfone integrado na câmara (*MPEG-4 AAC-LC, Stereo*) colocada do lado oposto da plataforma. (72)

### **Considerações éticas**

Para a realização deste estudo foram tomadas em consideração vários aspetos de ordem ética, visando assegurar o cumprimento das questões éticas versadas através da Declaração de Helsínquia (2003): (73)

- Foi solicitado um parecer sobre a qualidade e interesse da investigação, à Comissão de Ética do Politécnico de Coimbra, tendo sido o parecer favorável e o estudo aprovado. O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética, parecer nº13/2018 (anexo 3) e todos os participantes assinaram um consentimento informado;
- Foi assinada uma declaração de compromisso de honra, em como a investigação foi planificada em conformidade com todos os códigos éticos e deontológicos (anexo 4);
- Foi também solicitada, ao Prof. Pedro Rocha, coordenador do Programa de Marcha e Corrida da FPA, a autorização para efetuar a recolha de dados na instituição;
- Aos sujeitos potencialmente elegíveis para o estudo, foi feito o convite para participar no mesmo, sendo explicadas oralmente e por escrito, a natureza, a finalidade, a duração da investigação, os métodos e procedimentos a aplicar, os potenciais riscos e vantagens, bem como as implicações da sua participação. À *posteriori*, foi solicitada aos participantes a assinatura da folha de Consentimento Informado, reforçando o cariz voluntário da sua participação;

- Foi respeitada a privacidade de todos os participantes, o seu anonimato bem como todos os direitos de confidencialidade durante a recolha e tratamento de dados. Para garantir este propósito, a identificação dos participantes foi codificada (número da passagem na corrida – ex.: 05) sendo que, apenas a equipa de investigação envolvida no projeto, tomou conhecimento da referida codificação ao longo de todo o processo;
- Todos os participantes foram tratados de maneira justa e equitativa antes, durante e após a investigação;
- Dada a natureza e tipo de estudo não são esperados danos, ainda assim, todo o processo de investigação foi praticado de forma a evitar qualquer dano físico e/ou mental, tendo como base o princípio ético da beneficência;
- Os participantes foram inicialmente informados que, em qualquer momento, seriam livres de interromper e abandonar a investigação, sem que isso lhes trouxesse qualquer dano e/ou repercussão;
- Foram tomadas as precauções necessárias a fim de afastar os participantes de qualquer eventualidade, por mínima que fosse, suscetível de provocar lesões;
- Os procedimentos da investigação foram aplicados por pessoas qualificadas para o efeito;
- Considera-se que a presente investigação é pertinente e trará resultados/benefícios práticos para o bem da sociedade e impossíveis de obter por outros meios, como tal, não foi praticada ao acaso e sem necessidade.

### **Procedimentos**

A recolha de dados teve lugar no Centro de Alto Rendimento do Jamor. Previamente à realização do estudo foi dado um formulário de consentimento informado com informações relativas ao estudo e um questionário. A calibração da plataforma de forças foi realizada previamente ao início da sessão. Cada participante usou as suas próprias roupas e calçado. Efetuaram um aquecimento integrado no evento da Marcha e Corrida composto por uma corrida ligeira (10 minutos) e algumas séries de exercícios de técnica de corrida. Cada participante correu numa pista ao longo de 20 m até chegar à

plataforma onde tinham de efetuar o apoio na plataforma, e tinham 10 m de pista livre após a passagem. O telemóvel com o microfone acoplado foi colocado a 15cm de distância (do lado direito de quem corria) da plataforma de forças a 2cm de altura, uma câmara foi colocada do lado oposto a 1,60m de distância do microfone e a outra 1,20m à frente.



*Imagem 2 – Set-up*

Foi demonstrado como seria realizado o teste e de seguida cada participante teve oportunidade de realizar 3 corridas de teste para se ambientarem ao procedimento e instrumentos.

Foi pedido que corressem, da forma mais natural possível, de modo a que o pé fizesse o apoio na plataforma de forças. A posição de início foi estabelecida para cada corredor na realização dos testes para otimizar a recolha de dados. Cada participante realizou uma passagem, apenas 3 corredores fizeram uma passagem adicional. Posteriormente foi avaliada a variação do CoP em apoio unipodal na plataforma de forças e de pressões, nesta foram avaliadas as condições calçados e descalços. Apoio unipodal com as mãos cruzadas a nível dos ombros, a olhar para a frente e com o pé não testado levantado à altura do joelho contrário. CoP é definido como a posição resultante do vetor de força de todas as forças de reação ao solo verticais medidas pela plataforma de força. CoP AP e ML representam a excursão do CoP medido na direção AP e ML, respetivamente. Cada sujeito realizou uma posição unipodal com o apoio a ser realizado no centro da plataforma. Esta encontrava-se embutida no chão, logo numa posição estável de modo a reduzir outras vibrações externas. Os participantes tinham de se equilibrar durante 15 segundos em cada perna.(74)

## Análise e Processamento de dados

No presente estudo de investigação, foram consideradas variáveis de natureza qualitativa e quantitativa.

A plataforma de forças (FP) quantificou as forças aplicada na direção medio-lateral (X), ântero-posterior (Y), e direção vertical (Z), e as posições da origem do vetor força (centro de pressão – CoP). Na recolha das coordenadas do CoP foram quantificadas o deslocamento da oscilação, a velocidade, a área da trajetória e a amplitude da excursão que foram utilizadas como medida fiável do controlo postural unipodal. As medidas não lineares para caracterização das séries temporais experimentais (CoP), exigem uma análise prévia do comportamento e do tipo de série obtida. Após recolha dos dados a uma frequência de 1000 Hz, foi necessário diminuir a frequência de amostragem para 100Hz, (100 dados experimentais por segundo) depois foi necessário filtrar as trajetórias do CoP utilizando um filtro digital *Butterworth* passa-baixo (*LowPassFilter*) de 4ª ordem a uma frequência de corte de 25 Hz, que preservou mais de 99% da potência do sinal dos dados experimentais, através da análise da densidade espectral (PSD).

Os dados cinéticos resultantes da plataforma de forças, nomeadamente as variáveis: tempo de contacto, picos de força e taxa de carga foram tratados inicialmente no *MatLab* (*The MathWorks, Inc., Natick, MA, EUA*), ferramenta muito utilizada para processamento de sinais.<sup>(75)</sup> No *Acqknowledge* (Versão 4.1), foram tratadas as variáveis de intensidade e duração do som. Os dados cinéticos da plataforma de Pressão foram analisados através do *Footscan Balance* (Versão 7.71), contudo não foram incluídos devido ao volume de dados.

Os resultados da análise, tratamento e procedimentos estão resumidos no anexo 7.

Os dados demográficos dos 16 participantes foram tratados através de estatística descritiva nomeadamente frequências e percentagens nas variáveis qualitativas e medidas de dispersão como média e desvio padrão, nas variáveis quantitativas. As variáveis quantitativas foram ainda estudadas com recurso à estatística inferencial. O nível de significância para aceitar ou rejeitar a hipótese nula foi fixado em  $p \leq .05$ . Para analisar as correlações entre variáveis utilizou-se o teste não paramétrico de *Spearman*, recorrendo-se ao programa *SPSS Statistics* (Versão 23 x86).



## Resultados

### Caracterização da amostra

A amostra era constituída por 16 corredores, sendo que 4 (25%) eram do sexo feminino e 12 (75%) do sexo masculino. Tinham em média  $45.6 \pm 12.6$  anos com um peso de  $70.6 \pm 12.8$  kg e usavam ténis com o tamanho (Europeu) o nº  $41 \pm 2.5$ . Os corredores eram um grupo heterogéneo no que diz respeito à corrida, apresentando uma grande variabilidade de experiência ( $16.6 \pm 17.1$  anos), treinos por semana ( $3.8 \pm 1.4$  treinos), kms feitos por semana ( $43.9 \pm 20.9$  kms) e melhor tempo obtido aos 10kms ( $43'56 \pm 11'45$  min.). (Tabela 1 – em anexo)

### Caracterização da Corrida e do equilíbrio

Nas passagens efetuadas, podemos distinguir entre as variáveis do som e da cinética. O tempo de apoio registado apresentou uma média de  $214.24 \pm 29.67$  ms, e valores muito díspares, havendo uma diferença de 125.08 ms entre o valor mínimo e o máximo. Houve também uma grande diferença relativamente aos valores da intensidade do som calculada (mínimo: 2.78dB; máximo: 17.48dB). Por outro lado não houve grande variação na intensidade do som medida ( $70.9 \pm 2.7$  dB) nem nos impulsos da fase excêntrica e de apoio, onde se obteve os valores de  $39.4 \pm 3.4$  dB/s e  $37.9 \pm 2.9$  dB/s, respetivamente. (Tabela 2 – em anexo)

Na avaliação do equilíbrio, verificou-se uma variabilidade acentuada entre os corredores, com uma oscilação total de  $588.68 \pm 372.76$  cm, velocidade média de  $5.89 \pm 3.73$  km/h e um valor de entropia espectral AP de  $0.16 \pm 0.03$  e ML  $0.12 \pm 0.04$  (Tabela 3 – em anexo).

## Som vs características pessoais

Quando comparamos as diferentes características do som avaliadas, nomeadamente tempo de contacto, impulsos e intensidade máxima com as características pessoais dos atletas e os aspetos relacionados com a corrida, não observamos nenhuma correlação. Fatores como a idade, tamanho do calçado, peso, experiência de corrida,

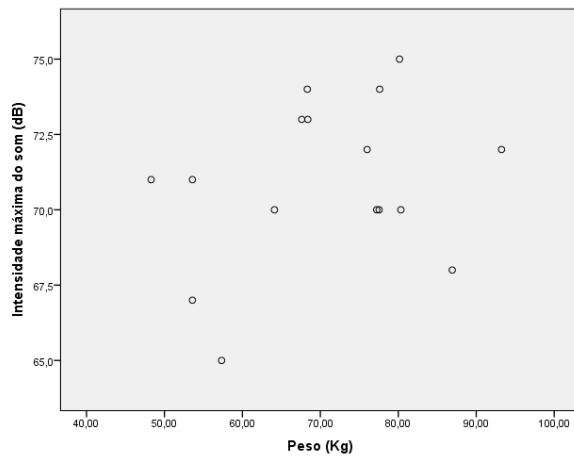


Gráfico 2 - Correlação entre a Intensidade do Som e o Peso

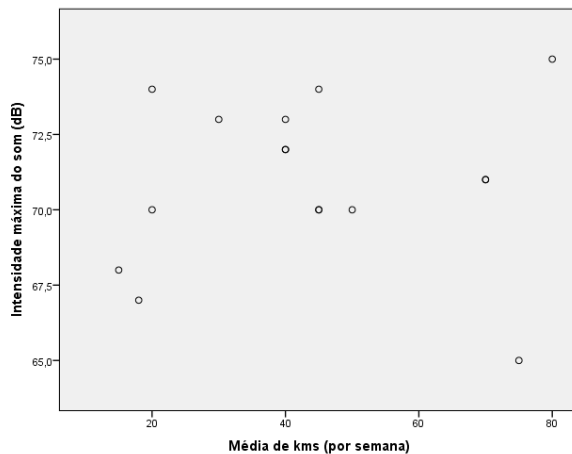


Gráfico 1 - Correlação entre a Intensidade do Som e a Média de kms de cada corredor

número de treinos e kms semanais, bem como o melhor tempo aos 10kms, não mostraram qualquer influência no som produzido. (Tabela 4 – em anexo) Os Gráficos 1 e 2 mostram mais detalhadamente a dispersão dos valores entre o som e a média de kms e o peso, respetivamente, mostrando a não existência de qualquer relação.

## Som vs Força

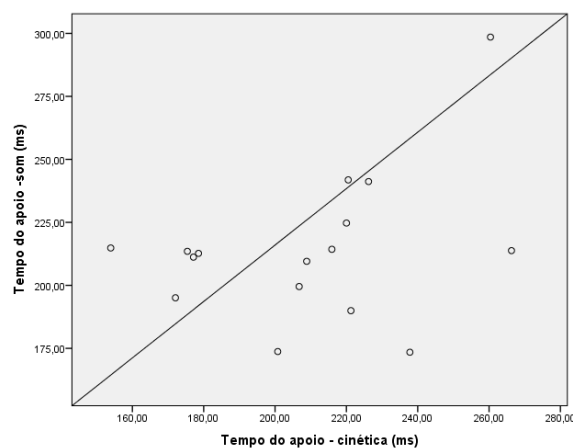


Gráfico 3 - Correlação entre o Tempo de apoio do som e da cinética

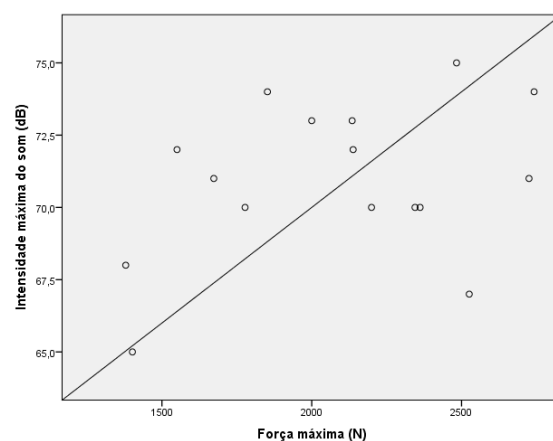


Gráfico 4 - Correlação entre a Intensidade máxima do som e a Força máxima

O tempo da fase de apoio calculado a partir dos dados do som durante a corrida, não obteve correlação significativa com os registados através da plataforma de forças (Gráfico 3). O valor máximo da força registada durante a fase de apoio também não se correlacionou com a intensidade máxima do som obtida diretamente (Gráfico 4) ou

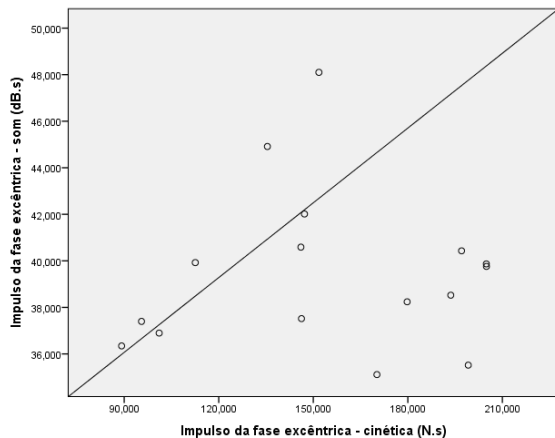


Gráfico 5 - Correlação entre o Impulso do som e da cinética durante a fase excêntrica do apoio

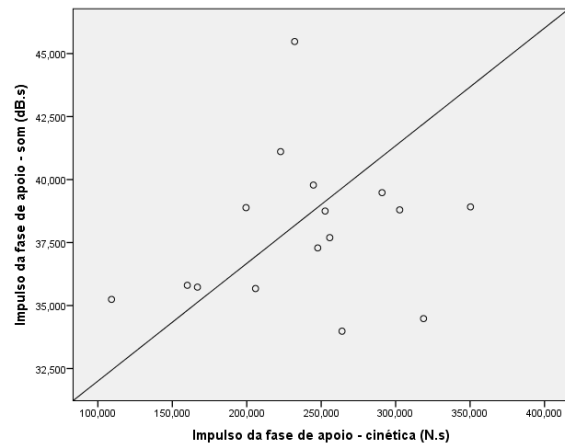


Gráfico 6 - Correlação entre o Impulso do som e da cinética durante a fase de apoio

calculada. Com base nos valores acima obtidos, calcularam-se os impulsos durante a fase de apoio total e somente durante a fase excêntrica. Na comparação entre os impulsos de ambas as fases entre o som e a cinética também não se observou qualquer significância, como mostram os Gráficos 5 e 6.

Foi explorada a relação entre todas as variáveis de som com as diversas forças registadas nas fases excêntrica e concêntrica assim como as velocidades associadas não se observando qualquer relação entre as mesmas. (Tabela 5 – em anexo)

### Som vs Equilíbrio

Foi estudado o equilíbrio através da avaliação da variação do *CoP* em apoio unipodal de cada pé em todos os corredores. Utilizou-se a avaliação do pé que realizou o apoio na fase de corrida na comparação com o som. Os valores obtidos no percurso total, AP e ML efetuados não se observou relação entre o som, nas várias vertentes. O resultado foi o mesmo em relação à velocidade média e à avaliação não linear, nomeadamente na entropia espectral. (Tabela 6 – em anexo)

## Som (intra-corredor)

Foram analisadas as passagens dos atletas que efetuaram duas corridas, de modo a investigar se existia relação entre as mesmas, não se tendo verificado correlação nas várias variáveis do som (Tabela 7).

Teste de amostras emparelhadas <sup>a</sup>									
		Diferenças emparelhadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Média	Desvio Padrão	Erro Padrão da Média	95% Intervalo de Confiança da Diferença				
					Inferior	Superior			
Par 1	Tempo do apoio 1 - som (ms) - Tempo do apoio 2 - som (ms)	-6,95667	21,02796	12,14050	-59,19301	45,27968	-,573	2	,624
Par 2	Impulso da fase excêntrica 1 - som (dB.s) - Impulso da fase excêntrica 2 - som (dB.s)	-4,098969	3,997366	2,307880	-14,028977	5,831038	-1,776	2	,218
Par 3	Impulso da fase de apoio 1 - som (dB.s) - Impulso da fase de apoio 2 - som (dB.s)	-4,024366	3,935001	2,271874	-13,799451	5,750718	-1,771	2	,219
Par 4	Intensidade máxima do som 1 (dB) - Intensidade máxima do som 2 (dB)	-1,00000	1,73205	1,00000	-5,30265	3,30265	-1,000	2	,423
Par 5	Intensidade máxima do som 1 - calculada (dB) - Intensidade máxima do som 2 - calculada (dB)	-3,03198232	2,91921014	1,68540676	-10,28370232	4,21973768	-1,799	2	,214

a. Tabela 7 - Correlação entre as variáveis do som intra-corredor

## Discussão

A intensidade do som é utilizada em treino ou em reabilitação para alterar parâmetros da corrida, esse retreino da corrida tem por objetivo corrigir/modificar a técnica de modo a que a mesma seja efetuada de forma mais eficiente, minimizando as forças envolvidas que podem aumentar o risco de lesões de sobrecarga.(32) Neste processo, a avaliação é feita através do ouvido humano que é eficaz em reconhecer a intensidade do som, embora de forma qualitativa. Este estudo demonstrou que essa prática é aleatória e incerta, pois avaliando com instrumentos fiáveis e quantificáveis a intensidade do som mostrou não ter correlação com as forças de reação ao solo. Também com o equilíbrio não se verificou qualquer correlação.

Na análise das forças de reação ao solo, investigou-se não só a força máxima, como também os impulsos e resultante velocidade de modo a explorar outras vertentes que podiam ter relação com a variável do som durante a corrida. Uma das causas prováveis para este resultado é o calçado utilizado pelos atletas pois o material e a dureza da sola influencia o som gerado aquando do contacto ao solo. Neste estudo cada atleta utilizou o seu calçado o que aumentou a variabilidade das intensidades do som registadas. Solas mais duras estão associadas a maior som e as solas moles a menos som. (52,76–78). Contudo, a rigidez do calçado influencia não só o som como as FRS, embora não haja uma associação entre a zona externa da sola, a zona intermédia tem sido bastante estudada no sentido de precisamente atenuar essas forças. Sendo que se tem verificado que as solas intermédias mais finas aumentam as FRS.(50,51)

Os atletas não realizaram passagens descalços pois neste estudo pretendia-se avaliar com as condições mais semelhantes à sua prática de corrida, de modo a verificar se era possível quantificar o som e aproveitar essa aplicação para a prática clínica. O facto de correrem descalços altera a cinemática e cinética da corrida, levando a que os atletas não corram de forma natural, influenciado o resultado final. (52,79,80)

O equilíbrio também foi avaliado por ser uma variável que tem mostrado ter uma relação direta com as FRS e com o uso do calçado, como demonstraram Robbins *et al.* (81) Este pode diminuir o input sensitivo e assim afectar a estabilidade postural.(70,71) Contudo, também não se verificou uma associação entre as FRS e o equilíbrio.

A eficácia do retreino da corrida é potenciado pelo recurso a *biofeedback*, que pode ser auditivo, tátil ou visual.(84) O *biofeedback* na corrida tem sido muito eficaz na sua modificação imediata, com a vantagem dos resultados obtidos se manterem ao longo do tempo. Chan *et al*, observaram que os resultados obtidos com esta intervenção se podem manter até um ano depois.(41,45) O *biofeedback* auditivo pode ser aplicado de diversas formas, as mais comuns são através de indicações verbais de como deve ser feita a correção da corrida e utilizando um metrónomo.(35,44,60,68,84) Estas modalidades normalmente focam-se no tamanho e na cadência da passada. Apesar de não realizar registos, o metrónomo pode ser utilizado de forma imediata para perceber se o indivíduo está ou não com a cadência desejada. Mais recentemente, as investigações têm explorado a intensidade do som. Tate *et al*, obtiveram uma efetiva redução das FRS fornecendo feedback visual sobre a intensidade do som registado em tempo-real e pedindo para baixarem esse valor. Contudo, não quantificou essa intensidade nem associou às FRS, como modelo clínico apresenta algumas limitações, não permite avaliar as FRS numa fase inicial, nem ao longo das sessões sem uma plataforma de forças que pode não estar disponível, não permitindo a monitorização da evolução. (48) Phan *et al* abordaram esta questão, confirmando que pedindo aos atletas para correrem mais silenciosamente do que costumam se verifica uma diminuição das FRS e da intensidade do som máxima, independentemente se estiverem calçados ou descalços. Contudo a intensidade do som não mostrou associação com a FRS máxima.(47) No trabalho presente, não se realizaram passagens mais silenciosas mas pode ser uma hipótese a explorar noutros estudos, para se verificar se se encontram resultados semelhantes ao do referido estudo, na condição calçados.

Adicionalmente efetuou-se uma comparação entre as 2 passagens que 3 dos corredores realizaram, não se tendo verificado correlação entre elas. Devido a questões de organização não foi possível que todos os corredores fizessem diversas passagens, o que teria permitido uma análise mais adequada.

O protocolo utilizado não foi o que ofereceu mais qualidade na recolha do som, pois pretendia-se testar uma forma quantificável, prática e imediata de avaliar a intensidade do som que fosse de baixo custo e facilmente acessível. Contudo, o sistema utilizado,

num estudo por Roberts et al, foi considerado válido e melhora a qualidade de captação do som. (85)

No procedimento foi possível aumentar a distância padrão (10 m por norma) que os atletas tinham disponível para iniciar a corrida e manter a velocidade e posteriormente poderem manter a velocidade. Este último aspeto é fundamental para os participantes não desacelerarem durante as passagens, isto quando a velocidade não é controlada. No presente estudo a velocidade foi calculada através das forças de reação ao solo e associada às variáveis em estudo. É essencial medir a velocidade a que os atletas realizam a passagem pois a sua variação está associada às forças de reação ao solo. (86)

A amostra mostrou ser bastante heterogénea em relação às suas características, nomeadamente, a nível da idade, peso, experiência de corrida, média de kms por semana e melhor tempo aos 10k. Este fator pode igualmente ter influenciado os resultados obtidos.

### Limitações do estudo

Embora o presente estudo tenha um carácter exploratório, uma amostra não probabilística, por conveniência geográfica (viés de seleção) pode não ser efetivamente representativa da população, sendo mais difícil extrapolar os resultados à mesma. A amostra heterogénea pode ter influenciado os resultados em si. O ambiente fechado e amplo com atletas a treinar pode ter interferido com a recolha de som, idealmente deveriam estar presentes apenas os investigadores e um participante de cada vez. A variabilidade das características do calçado também influenciam a análise do som e da força, mas esta foi uma decisão no sentido de avaliar os atletas da forma mais natural possível. Embora a velocidade de corrida não tenha sido controlada durante as passagens, na análise posterior também não se correlacionou com alterações no som e na força. A escolha do microfone acoplado ao telemóvel foi uma escolha consciente que é um método de recolha com fiabilidade comprovada e cumpriu o objetivo de ser uma ferramenta prática e acessível para a prática clínica, contudo não é o “padrão dourado” para recolher dados do som.

## Conclusão

O presente estudo veio demonstrar que a intensidade do som como medida indireta da FRS não aparenta ser um método válido, em nenhuma das componentes avaliadas, nomeadamente tempo de contacto ao solo, força máxima e impulso.

O equilíbrio também não demonstrou qualquer associação à intensidade e duração do som, não permitindo inferir qualquer resultado.

Este foi o primeiro estudo que investigou a relação entre a intensidade do som e das FRS com atletas calçados. É uma área com vários rumos por explorar, estudos futuros devem investigar outras abordagens ao som na corrida, nomeadamente a nível da frequência, comparar a corrida normal com a corrida mais silenciosa na condição de calçados e o comportamento do som em diferentes pisos.

O microfone externo ligado ao telemóvel permite aumentar a fiabilidade das medições, podendo ser um método prático, de baixo custo como *biofeedback* no retreino da corrida. Recomenda-se que este seja utilizado à semelhança dos estudos efetuados por Tate *et al* e Phan *et al*, onde se deve privilegiar a variação da intensidade do som intrapessoal e em tempo-real.(47,48)



## Bibliografia

1. Bramble DM, Lieberman DE. Endurance running and the evolution of *Homo*. Nature [Internet]. 2004;432(7015):345–52.
2. Hulteen RM, Smith JJ, Morgan PJ, Lisa M, Hallal PC, Colyvas K, et al. Global sport and leisure-time physical activity. Prev Med. 2017;95 (Feb):14-25.
3. Ferreira M. Prática de Corrida em Portugal. 2014.
4. Messier SP, Martin DF, Mihalko SL, Ip E, DeVita P, Cannon DW, et al. A 2-Year Prospective Cohort Study of Overuse Running Injuries: The Runners and Injury Longitudinal Study (TRAILS). Am J Sports Med. 2018;1–11.
5. Williams PT. Relationship of distance run per week to coronary heart disease risk factors in 8283 male runners. The National Runners' Health Study. Arch Intern Med [Internet]. 1997;157(2):191–8.
6. Nielsen R, Videbaek S, Hansen M, Parner ET, Rasmussen S, Langberg H. Does running with or without diet changes reduce fat mass in novice runners? A 1-year prospective study. J Sports Med Phys Fitness. 2013;56(1–2):105–13.
7. Lee D chul, Brellenthin AG, Thompson PD, Sui X, Lee IM, Lavie CJ. Running as a Key Lifestyle Medicine for Longevity. Prog Cardiovasc Dis [Internet]. 2017;60(1):45–55.
8. Lopes AD, Hespanhol LC, Yeung SS, Pena Costa LO. What are the Main Running Related Musculoskeletal Injuries. Sport Med. 2012;42(10):892–905.
9. Kluitenberg B, van Middelkoop M, Diercks R, van der Worp H. What are the Differences in Injury Proportions Between Different Populations of Runners? A Systematic Review and Meta-Analysis. Sport Med [Internet]. 2015;45(8):1143–61.
10. Vitez L, Zupet P, Zadnik V, Drobic M. Running Injuries in the Participants of Ljubljana Marathon. Zdr Varst. 2017;56(4):196–202.
11. Van Gent RN, Siem D, Van Middelkoop M, Van Os AG, Bierma-Zeinstra SMA, Koes BW. Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: A systematic review. Sport en Geneeskde. 2007;40(4):16–29.
12. Mulvad B, Oestergaard R, Id N, Lind M, Ramskov D. Diagnoses and time to recovery among injured recreational runners in the RUN CLEVER trial. 2018;1–11.

13. Yamato TP, Saragiotto BT, Hespanhol Junior LC, Yeung SS, Lopes AD. Descriptors used to define running-related musculoskeletal injury: a systematic review. *J Orthop Sports Phys Ther* [Internet]. 2015;45(5):366–74.
14. Meeuwisse WH, Tyreman H, Hagel B, Emery C. A dynamic model of etiology in sport injury: The recursive nature of risk and causation. *Clin J Sport Med*. 2007;17(3):215–9.
15. Saragiotto BT, Yamato TP, Hespanhol Junior LC, Rainbow MJ, Davis IS, Lopes AD. What are the main risk factors for running-related injuries? *Sport Med*. 2014;44(8):1153–63.
16. Linton L, Valentin S. Running with injury: A study of UK novice and recreational runners and factors associated with running related injury. *J Sci Med Sport* [Internet]. 2018;21(12):1221–5.
17. Videbaek S, Bueno AM, Nielsen RO, Rasmussen S. Incidence of Running-Related Injuries Per 1000 h of running in Different Types of Runners: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sport Med*. 2015;45(7):1017–26.
18. Kluitenberg B, van Middelkoop M, Smits DW, Verhagen E, Hartgens F, Diercks R, et al. The NLstart2run study: Incidence and risk factors of running-related injuries in novice runners. *Scand J Med Sci Sports* [Internet]. 2015;25(5):e515–23.
19. Fields KB, Sykes JC, Walker KM, Jackson JC. Prevention of running injuries. [Review] [75 refs]. *Curr Sports Med Rep*. 2010;9(3):176–82.
20. Van Der Worp MP, Ten Haaf DSM, Van Cingel R, De Wijer A, Nijhuis-Van Der Sanden MWG, Bart Staal J. Injuries in runners; a systematic review on risk factors and sex differences. *PLoS One*. 2015;10(2):1–18.
21. Fredericson M, Ak M. Epidemiology and aetiology of marathon running injuries. *Sports Med* . 2007;37 (4-5):437-9.
22. Hoerberigs JH. Factors related to the incidence of running injuries. A review. *Sport Med*. 1992;13(6):408–22.
23. Chuter VH, Janse de Jonge XAK. Proximal and distal contributions to lower extremity injury: A review of the literature. *Gait Posture* [Internet]. 2012;36(1):7–15.
24. Tweed JL, Campbell JA, Avil SJ. Biomechanical risk factors in the development of medial tibial stress syndrome in distance runners. *J Am Pod Med Assoc* [Internet]. 2008;98(6):436–44.

25. Noehren B, Hamill J, Davis I. Prospective evidence for a hip etiology in patellofemoral pain. *Med Sci Sports Exerc.* 2013;45(6):1120–4.
26. Aderem J, Louw QA. Biomechanical risk factors associated with iliotibial band syndrome in runners: a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord* [Internet]. 2015;16:356.
27. Bertelsen ML, Hulme A, Petersen J, Brund RK, Sørensen H, Finch CF, et al. A framework for the etiology of running-related injuries. *Scand J Med Sci Sport.* 2017;27(11):1170–80.
28. Eung EW, Yeung SS, Yeung EWSY. A systematic review of interventions to prevent lower limb soft tissue running injuries. *Br J Sports Med* [Internet]. 2001;35(6):383–9.
29. Malisoux L, Nielsen RO, Urhausen A, Theisen D. A step towards understanding the mechanisms of running-related injuries. *J Sci Med Sport* [Internet]. 2015;18(5):523–8.
30. Johnston CAM, Taunton JE, Lloyd-Smith DR, McKenzie DC. Preventing running injuries. Practical approach for family doctors. *Can Fam Physician.* 2003;49(SEPT.):1101–9.
31. Van Der Worp H, Vrielink JW, Bredeweg SW. Do runners who suffer injuries have higher vertical ground reaction forces than those who remain injury-free? A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2016;50(8):450–7.
32. Crowell HP, Davis IS. Gait retraining to reduce lower extremity loading in runners. *Clin Biomech* [Internet]. 2011;26(1):78–83. 3
33. Rodriguez RV, Evans NWD, Mason JSD. Footstep Recognition. 2009. 1-7 p.
34. Wang C, Wang X, Long Z, Yuan J, Qian Y, Li J. Estimation of temporal gait parameters using a wearable microphone-sensor-based system. *Sensors (Switzerland).* 2016;16(12).
35. Napier C, Cochrane CK, Taunton JE, Hunt MA. Gait modifications to change lower extremity gait biomechanics in runners: a systematic review. *Br J Sport Med* [Internet]. 2015;49(1):1382–8.
36. Sharma SC, Singh MP, Singh J. Differences in Hip Kinematics, Muscle Strength, and Muscle Activation Between Subjects With and Without Patellofemoral Pain. *AMA, Agric Mech Asia, Africa Lat Am.* 2013;44(1):19–26.
37. Taunton JE. A prospective study of running injuries: the Vancouver Sun Run “In Training” clinics. *Br J Sports Med* [Internet]. 2003;37(>3):239–44.
38. Ryan, MB; MacLean, CL; Tauton J. A Review of Anthropometric, Biomechanical,

- neuromuscular and training related factors associated with injury in runners. *Int Sport J*. 2006;7(2):120–37.
39. Riddick RC, Kuo AD. Soft tissues store and return mechanical energy in human running. *J Biomech* [Internet]. 2016;49(3):436–41.
  40. Nigg BM, Liu W. The effect of muscle stiffness and damping on simulated impact force peaks during running. *J Biomech*. 1999;32:849–56.
  41. Chan ZYS, Zhang JH, Au IPH, An WW, Shum GLK, Ng GYF, et al. Gait Retraining for the Reduction of Injury Occurrence in Novice Distance Runners: 1-Year Follow-up of a Randomized Controlled Trial. *Am J Sports Med*. 2018;46(2):388–95.
  42. Willy RW, Scholz JP, Davis IS. Mirror gait retraining for the treatment of patellofemoral pain in female runners. *Clin Biomed (Bristol, Avon)*. 2012;27(10):1045–51.
  43. Richards R, van den Noort JC, Dekker J, Harlaar J. Gait Retraining With Real-Time Biofeedback to Reduce Knee Adduction Moment: Systematic Review of Effects and Methods Used. *Arch Phys Med Rehabil* [Internet]. 2017;98(1):137–50.
  44. Eriksson M, Halvorsen KA, Gullstrand L. Immediate effect of visual and auditory feedback to control the running mechanics of well-trained athletes. *J Sports Sci*. 2011;29(3):253–62.
  45. Ching, ECK, An, WW, Au, IPH, Zhang, JH, Chan, ZYS, Shum, GLK and Cheung R. Impact Loading During Distracted Running Before and After Auditory Gait Retraining Authors. *Int J Sports Med*. 2018;36(13):1497–501.
  46. Esculier JF, Silvini T, Bouyer LJ, Roy JS. Video-based assessment of foot strike pattern and step rate is valid and reliable in runners with patellofemoral pain. *Phys Ther Sport* [Internet]. 2018;29:108–12.
  47. Phan X, Grisbrook TL, Wernli K, Stearne SM, Davey P, Ng L. Running quietly reduces ground reaction force and vertical loading rate and alters foot strike technique. *J Sports Sci*. 2017;35(16):1636–42.
  48. Tate JJ, Milner CE. Sound intensity feedback during running reduces loading rates and impact peak. *J Orthopaedic Sport Phys Ther* [Internet]. 2017;47(8):565–9.
  49. Wernli K, Ng L, Phan X, Davey P, Grisbrook T. The Relationship Between Landing Sound, Vertical Ground Reaction Force, and Kinematics of the Lower Limb During Drop Landings

- in Healthy Men. *J Orthop Sport Phys Ther* [Internet]. 2016;46(3):194–9.
50. Baltich J, Maurer C, Nigg BM. Increased vertical impact forces and altered running mechanics with softer midsole shoes. *PLoS One*. 2015;10(4):1–11.
  51. Law MHC, Choi EMF, Law SHY, Chan SSC, Wong MS, Ching ECK, et al. Effects of footwear midsole thickness on running biomechanics. *J Sports Sci* [Internet]. 2018;00(00):1–7.
  52. HARDIN EC, VAN DEN BOGERT AJ, HAMILL J. Kinematic Adaptations during Running: Effects of Footwear, Surface, and Duration. *Med Sci Sport Exerc* [Internet]. 2004;(31):838–44.
  53. National Institutes of Health (US); Biological Sciences Curriculum Study. Bethesda (MD). 2007.
  54. <http://www.explicatorium.com/cfq-8/aplicacoes-do-som.html>.
  55. Bresin R, Dahl S. Experiments on gestures: walking, running, and hitting. *The sounding object*. 2003. 111-36 p.
  56. Choi JE, Ahn J, Park HW, Baek S, Kim S, Moon IJ. Prevalence of minimal hearing loss in South Korea. 2017;1–15.
  57. Who D. WHO global estimates on prevalence of hearing loss Mortality and Burden of Diseases. 2012;
  58. Davis A, McMahon CM, Pichora-fuller KM, Russ S, Lin F, Olusanya BO, et al. Aging and Hearing Health : The Life-course Approach. 2016;56:256–67.
  59. Huang J, Di Troia F, Stamp M. Acoustic Gait Analysis using Support Vector Machines. *Proc 4th Int Conf Inf Syst Secur Priv* [Internet]. 2018;(Icissp):545–52. 52
  60. Allen DJ, Heisler H, Mooney J, Kring R. the Effect of Step Rate Manipulation on Foot Strike Pattern of Long Distance Runners. *Int J Sports Phys Ther* [Internet]. 2016;11(1):54–63.
  61. Creaby MW, Franettovich Smith MM. Retraining running gait to reduce tibial loads with clinician or accelerometry guided feedback. *J Sci Med Sport* [Internet]. 2016;19(4):288–92.
  62. Bowser BJ, Fellin R, Milner CE, Pohl MB, Davis IS. Reducing Impact Loading in Runners: A One-Year Follow-up. *Med Sci Sport Exerc* [Internet]. 2018;50(12):2500–6.
  63. Cheung RTH, Davis IS. Landing Pattern Modification to Improve Patellofemoral Pain in

- Runners: A Case Series. *J Orthop Sport Phys Ther* [Internet]. 2011;41(12):914–9.
64. McNair PJ, Prapavessis H, Callender K. Decreasing landing forces : effect of instruction. *Br J Sports Med*. 2000;34:293–6.
  65. Wood CM, Kipp K. Use of audio biofeedback to reduce tibial impact accelerations during running. *J Biomech* [Internet]. 2014;47(7):1739–41.
  66. Donovan L, Feger MA, Hart JM, Saliba S, Park J, Hertel J. Effects of an auditory biofeedback device on plantar pressure in patients with chronic ankle instability. *Gait Posture* [Internet]. 2016;44:29–36.
  67. Tate JJ, Milner CE. Real-time Kinematic, Temporospatial and Kinetic Biofeedback During Gait Retraining in Patients : A Systematic Review. *Phys Ther*. 2010;90(8):1–11.
  68. Agresta C, Brown A. Gait Retraining for Injured and Healthy Runners Using Augmented Feedback: A Systematic Literature Review. *J Orthop Sports Phys Ther* [Internet]. 2015;45(8):576–84.
  69. Balsalobre-Fernández C, Agopyan H, Morin JB. The validity and reliability of an iPhone app for measuring running mechanics. *J Appl Biomech*. 2017;33(3):222–6.
  70. Kardous CA, Pe M, Shaw PB. So How Good are These Smartphone Sound Measurement Apps? *Updat Counc Accreditt Occup Hear Conserv* [Internet]. 2013;25(3):1–2.
  71. <https://www.bertec.com/products/force-plates>.
  72. <http://www.daytonaudio.com/index.php/imm-6-idevice-calibrated-measurement-microphone.html>.
  73. Associação Médica Mundial. Declaração de Helsínquia - versão de Outubro de 2013. 2014;
  74. Jančová J, Tošnerová V. Use of Stabilometric Platform and Evaluation of Methods for Further Measurements – A Pilot Study. *Acta Medica (Hradec Kral Czech Republic)* [Internet]. 2007;50(2):139–43.
  75. Hiner MC, Rueden CT, Eliceiri KW. ImageJ-MATLAB: A bidirectional framework for scientific image analysis interoperability. *Bioinformatics*. 2017;33(4):629–30.
  76. Turchet L, Moffat D, Tajadura-Jiménez A, Reiss JD, Stockman T. What do your footsteps sound like? An investigation on interactive footstep sounds adjustment. *Appl Acoust*

- [Internet]. 2016;111:77–85.
77. Turchet L. Footstep sounds synthesis: Design, implementation, and evaluation of foot-floor interactions, surface materials, shoe types, and walkers' features. *Appl Acoust* [Internet]. 2016;107:46–68. 3
  78. Tajadura-jiménez A, Basia M, Deroy O, Fairhurst M, Marquardt N, Bianchi-Berthouze N. As Light as your Footsteps: Altering Walking Sounds to Change Perceived Body Weight, Emotional State and Gait. *Wellness Wearables, Proc CHI 2015, Seoul, Korea*. 2015;2943–52.
  79. Kelly LA, Lichtwark GA, Farris DJ, Cresswell A. Shoes alter the spring-like function of the human foot during running. *J R Soc Interface* [Internet]. 2016;13(119):20160174.
  80. Thompson M, Seegmiller J, McGowan CP. Impact Accelerations of Barefoot and Shod Running. *Int J Sports Med*. 2016;37(5):364–8.
  81. Robbins S, Waked E. Materials Impact in Sports : Role of Shoe Sole. *Arch Phys Med Rehabil*. 1997;78:463–7.
  82. Meardon S, Klusendorf A. Influence of Injury on Dynamic Postural. 2016;11(3):366–77.
  83. Rose W, Bowser B, McGrath R, Salerno J, Wallace J, Davis I. Effect of footwear on balance. *Am Soc Biomech*. 2011;2011:2–3.
  84. Davis IS, Futrell E. Gait Retraining: Altering the Fingerprint of Gait. *Phys Med Rehabil Clin N Am* [Internet]. 2016;27(1):339–55.
  85. Roberts B, Kardous C, Neitzel R. Improving the Accuracy of Smart Devices to Measure Noise Exposure. *J Occup Environ Hyg*. 2016;13(11):840–6.
  86. Carretero-navarro G, Márquez G, Cherubini D. Effect of different loading conditions on running mechanics at different velocities. *Eur J Sport Sci* [Internet]. 2018;0(0):1–8.

## Anexo 1 - Pré-teste 1

O primeiro pré-teste foi efetuado no laboratório de Fisioterapia da Escola Superior de Saúde de Castelo Branco no dia 13/4/2018, os objetivos foram estabelecer um protocolo de teste e experimentar os diversos instrumentos necessários à recolha de informação. Foi criado um percurso de 3 metros com plataformas de madeira de modo a integrar a plataforma de força. Os dados cinéticos foram recolhidos através da plataforma *Plux* e os dados cinemáticos foram recolhidos através de duas câmeras *CanonSx710 HS* colocadas uma ao lado da plataforma de força e outra de frente. O som foi recolhido através do microfone *Dayton* acoplado ao telemóvel *Huawei P20 Lite*. O sujeito do teste foi equipado com refletores de luz no 1º metatarso, 5º metatarso, maléolo interno, maléolo externo, linha intermédia medial e lateral para facilitar a análise cinemática posterior. Foram efetuadas 10 passagens.

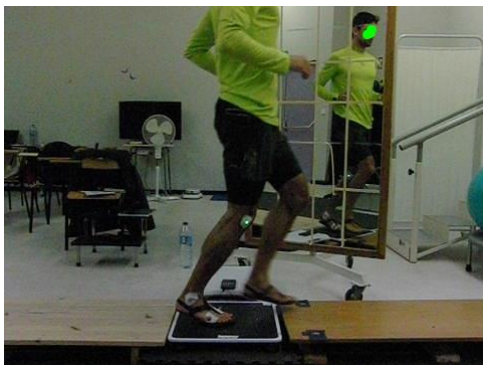


Imagem 3 – Passagem na plataforma



Imagem 4 – Marcadores



## Anexo 2 - Pré-teste 2

O segundo pré-teste foi efetuado no local definitivo no dia 28/5/18 onde iria ser efetuado o estudo com os respetivos instrumentos. Neste dia, os objetivos foram experimentar os equipamentos a serem utilizados, estabelecer um protocolo de teste, definir o posicionamento dos instrumentos, testar as condições do local. As condições não exigiram a criação/colocação de plataformas em virtude de a plataforma de forças estar embutida no chão, e com a vantagem adicional de haver espaço suficiente para iniciar a corrida e manter a velocidade até à passagem pela plataforma, sem necessidade de desacelerar após a mesma. Foram efetuadas diversas passagens para definir o ponto de partida ideal para o teste e só então foram efetuadas 5 passagens para recolha de informação. Os instrumentos utilizados foram a plataforma *Bertec*, as câmeras *Canon SX710 HS* e o microfone *Dayton* acoplado ao telemóvel *Huawei P20 Lite*.



Imagem 5 – Passagem na plataforma

## Anexo 3 – Parecer Comissão de Ética

### PARECER COMISSÃO DE ÉTICA DO POLITÉCNICO DE COIMBRA Nº 13/2018

Aos 11 dias do mês de abril de 2018, pelas 12.00 horas, reuniu a Comissão de Ética do IPC (CEPC) para apreciação da proposta de projeto *"Som vs Impacto na Corrida."*

Trata-se de um projeto de ensaio clínico de um aluno de Mestrado na área de Fisioterapia da Escola Superior de Tecnologias da Saúde de Coimbra, cujos objectivos são analisar as forças de impacto no solo e a intensidade do som durante o apoio do pé e verificar se existe uma correlação entre estas duas variáveis, e ainda verificar se o tempo de contacto ao solo, a oscilação vertical, a postura e o calçado influenciam as variáveis de estudo em atletas de corrida de meio-fundo e fundo que treinem sem condicionamentos há 3 meses com idade entre 18 e 50 anos, que saibam ler/escrever, recorrendo ao uso de plataforma de forças, câmeras de alta velocidade, microfone e balança.

O referido projeto será orientado por um docente com sólida experiência na área da fisioterapia da ESTesc e co-orientado por um docente na área da biomecânica da Universidade de Évora, encontra-se bem fundamentado, em termos de objetivos, e metodologia a utilizar, sendo de fácil leitura e compreensão, e do qual poderão resultar conclusões científicas interessantes. A investigação não é financiada por qualquer bolsa ou fundo de investigação os dados são exclusivamente usados para fins académicos e curriculares, e as investigadoras expressam garantir a total conformidade com todos os princípios éticos e deontológicos e de todos os princípios de confidencialidade, anonimização de dados, obtenção do consentimento livre e esclarecido, bem como o cumprimento cabal das recomendações constantes nos documentos nacionais e internacionais relativos à investigação.

Estando salvaguardados os aspetos éticos da investigação e de acordo com o disposto no nº 3 do art. 6º do Regulamento da Comissão de Ética do IPC, não tem esta Comissão de Ética (CEPC) nada a opor quanto ao desenvolvimento do estudo.

**Decisão: Deferido**

Coimbra, 11 de abril de 2018.

Nome	U.O.E	Email	
Abel de Oliveira de Martins Carvalho	ESTGOH	<a href="mailto:abel.carvalho@estgoi.ipc.pt">abel.carvalho@estgoi.ipc.pt</a>	
Carlos José Dias Pereira	ESAC/i2A	<a href="mailto:cpereira@esac.pt">cpereira@esac.pt</a>	
Carlos Manuel Borralho Machado Ferreira	ISEC	<a href="mailto:cmacer@isec.pt">cmacer@isec.pt</a>	
Cidália Maria da Mota Lopes	ISCAC	<a href="mailto:clopes@iscac.pt">clopes@iscac.pt</a>	
Jorge Fernandes Rodrigues Bernardino	ISEC	<a href="mailto:jorge@isec.pt">jorge@isec.pt</a>	
Maria Antónia Pereira da Conceição	ESAC	<a href="mailto:toinha@esac.pt">toinha@esac.pt</a>	
Maria de Fátima Neves	ESEC	<a href="mailto:fneves@esec.pt">fneves@esec.pt</a>	
Sónia Maria de Brito Costa	i2A	<a href="mailto:sonia.costa@ipc.pt">sonia.costa@ipc.pt</a>	
Adelino Santos	ESTESC	<a href="mailto:adelinosantos@estescoimbra.pt">adelinosantos@estescoimbra.pt</a>	

## Anexo 4 – Declaração de Compromisso de Honra



### DECLARAÇÃO DE COMPROMISSO DE HONRA

(A preencher e a assinar pelo Investigador Principal)

**Título do estudo de Investigação**

Som vs Impacto na Corrida

Eu, Pedro Miguel Martins Carmona portador do C.C. 12644490, declaro que a investigação foi planificada em total conformidade com todos os princípios éticos e deontológicos, e comprometo-me cumprir todos os princípios de confidencialidade, anonimização de dados, obtenção do consentimento livre e esclarecido, e recomendações constantes nos documentos nacionais e internacionais relativos à investigação.

**Data 22/05/2018**

**Assinatura**

Pedro Carmona

## Anexo 5 - Questionário de caracterização demográfica



Nome:

Sexo:

Idade:

Há quantos anos pratica corrida de forma regular?

Quantas vezes (em média) treina por semana?

Qual a carga semanal, em kms (em média)?

Qual o melhor tempo aos 10km?

Teve alguma lesão impeditiva de treinar nos últimos 3 meses?

Oeiras, 3/6/18

\_\_\_\_\_(assinatura)

## Anexo 6 - Explicação do estudo aos participantes



### Declaração de Consentimento Informado

Concordo em participar no projeto de pesquisa “Som VS Impacto na Corrida”. Esta pesquisa faz parte da tese do Mestrado em Avaliação e Prescrição de Exercício Clínico a decorrer na Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra (ESTESC) e é liderada por Pedro Carmona (Fisioterapeuta, Mestrando da ESTESC), Luís Cavalheiro (Professor na ESTESC) e Orlando Fernandes (Professor na Universidade de Évora).

Eu compreendo que esta participação é totalmente voluntária, e que posso retirar o meu consentimento a qualquer altura sem prejuízo e os resultados da minha participação, que podem ser identificados como sendo meus, removidos ou apagados dos registos do projeto.

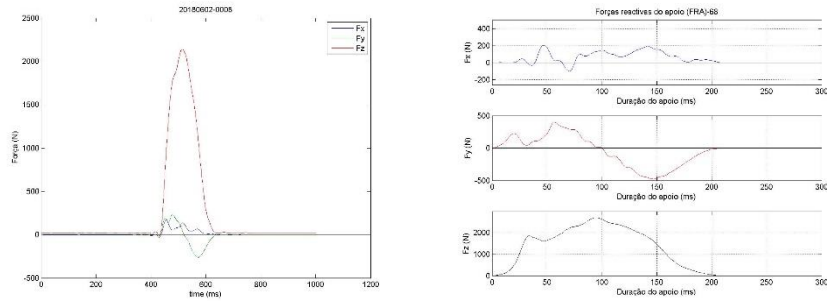
Os seguintes pontos foram-me explicados:

1. Os propósitos deste estudo são analisar o som produzido durante a corrida e relacioná-lo com as forças de impacto resultantes.
2. Os corredores serão filmados durante a avaliação do equilíbrio e da corrida. Não serão efetuadas medições diretas de si.
3. Não estão previstos nenhuns riscos associados à realização do estudo.
4. Os resultados desta participação são confidenciais e não serão divulgados de modo identificável sem o prévio consentimento.
5. O investigador responderá a qualquer questão relacionada com a pesquisa agora ou durante a duração do projeto.

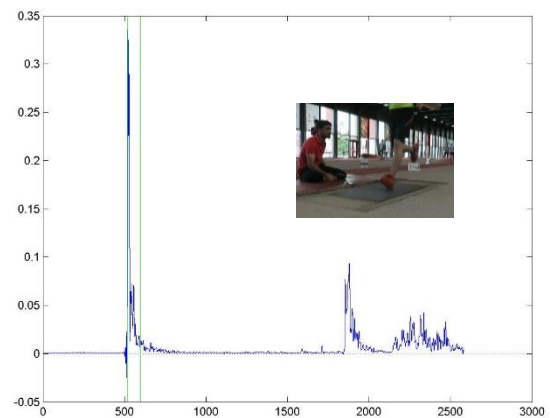
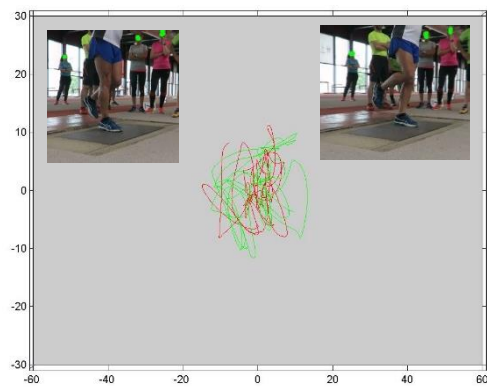
Eu, \_\_\_\_\_ (nome completo), declaro que li e compreendi a informação deste consentimento informado, tive oportunidade de colocar questões acerca da minha participação. Eu compreendo que não tenho obrigação em participar neste estudo e tenho o direito de sair deste estudo sem apresentar qualquer justificação e sem que haja consequências para mim. Com esta assinatura eu consinto que os investigadores possam usar os meus registos e informações para propósitos científicos e educacionais.

## Anexo 7 – Análise, recolha e tratamento de dados

### Recolha da componente Cinética (Forças):



### Recolha da componente de controlo postural:



### Recolha da componente do som:

Análise conjunta do som e força reativa do apoio:



## Tabelas de Resultados

**Tabela 1** – Caracterização da amostra

Estatísticas Descritivas					
	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Idade	16	28	73	45,56	12,62
Peso (kg)	16	48,29	93,24	70,64	12,78
Tamanho europeu do Calçado (nº)	16	36,0	44,5	41,03	2,49
Experiência (anos)	16	3	64	16,63	17,05
Treinos por semana	16	2	6	3,75	1,39
Média de kms	16	15	80	43,94	20,91
Melhor tempo aos 10k (s)	15	1790,00	4326,00	2613,73	687,16

**Tabela 2** – Caracterização da Corrida

Estatísticas Descritivas					
	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Tempo do apoio – som (ms)	16	173,45	298,53	214,2444	29,68644
Impulso da fase excêntrica – som (dB.s)	16	35,11	48,10	39,4466	3,41279
Impulso da fase de apoio – som (dB.s)	16	33,98	45,48	37,9437	2,89608
Intensidade máxima do som – medido (dB)	16	65	75	70,94	2,695
Intensidade máxima do som – calculado (dB)	16	2,78	17,48	7,7425	3,68432



Tabela 3 – Caracterização do Equilíbrio**Estatísticas Descritivas**

	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Percurso total (cm)	16	146,23	1336,13	588,6807	372,76286
Percurso AP (cm)	16	106,57	849,84	339,0419	240,13532
Percurso ML (cm)	16	79,39	862,27	403,5235	247,84949
Velocidade média total (Km/h)	16	1,46	13,37	5,8927	3,73134
Velocidade média AP (km/h)	16	1,07	8,51	3,3938	2,40374
Velocidade média ML (Km/h)	16	,79	8,63	4,0393	2,48098
Entropia espectral AP	16	,11	,21	,1611	,03153
Entropia espectral ML	16	,05	,19	,1203	,04350

**Tabela 4** – Correlação do som com as características pessoais

		Tempo da fase de apoio – som (ms)	Impulso da fase excêntrica – som (dB.s)	Impulso da fase de apoio – som (dB.s)	Intensidade máxima do som - medida (dB)	Intensidade máxima do som (dB)
Idade	rho	,110	,171	,029	-,376	-,038
	p	,684	,527	,914	,151	,888
	N	16	16	16	16	16
Peso (kg)	rho	,127	-,209	-,275	,204	-,228
	p	,640	,437	,302	,447	,395
	N	16	16	16	16	16
Tamanho europeu do calçado (nº)	rho	-,110	-,192	-,393	-,180	-,142
	p	,684	,476	,132	,504	,599
	N	16	16	16	16	16
Experiência (anos)	rho	,300	-,108	-,136	,117	-,237
	p	,259	,691	,616	,665	,378
	N	16	16	16	16	16
Treinos por semana	rho	-,041	-,122	-,069	,089	,015
	p	,881	,653	,799	,744	,956
	N	16	16	16	16	16
Média de kms por semana	rho	,052	,050	,113	,118	,059
	p	,849	,853	,678	,663	,827
	N	16	16	16	16	16
Melhor tempo aos 10k (s)	rho	-,088	,242	,249	-,249	,170
	p	,756	,386	,372	,371	,545
	N	15	15	15	15	15

**Tabela 5 – Correlação do som com a cinética**

		Tempo da fase de apoio – som (ms)	Impulso da fase excêntrica – som (dB.s)	Impulso da fase de apoio – som (dB.s)	Intensidade máxima do som - medida (dB)	Intensidade máxima do som (dB)
Tempo da fase de apoio – força (ms)	rho	,235	,029	,138	,061	-,015
	p	,380	,914	,610	,823	,957
	N	16	16	16	16	16
Tempo da fase excêntrica – força (ms)	rho	,075	-,082	,065	-,101	-,155
	p	,782	,762	,812	,709	,568
	N	16	16	16	16	16
Tempo da fase concêntrica - força (ms)	rho	,226	,294	,338	,260	,282
	p	,399	,269	,200	,331	,289
	N	16	16	16	16	16
Impulso da fase excêntrica - força (N.s)	rho	,415	,074	,191	,214	-,068
	p	,110	,787	,478	,426	,803
	N	16	16	16	16	16
Impulso da fase de apoio – força (N.s)	rho	,432	,112	,106	,285	,074
	p	,094	,680	,696	,284	,787
	N	16	16	16	16	16
Força máxima na fase de apoio (N)	rho	,447	,147	,062	,262	,974
	p	,083	,587	,820	,328	,787
	N	16	16	16	16	16
Velocidade total (km/h)	rho	,376	,156	,159	,128	,071
	p	,151	,564	,557	,637	,795
	N	16	16	16	16	16
Força máxima na fase excêntrica (N)	rho	,447	,147	,062	,262	,074
	p	,083	,587	,820	,328	,787
	N	16	16	16	16	16
Velocidade na fase excêntrica (km/h)	rho	,385	,068	,124	,108	,062
	p	,141	,803	,649	,689	,820
	N	16	16	16	16	16
Força máxima na fase concêntrica (N)	rho	,335	,224	,132	,116	,044
	p	,204	,405	,625	,669	,871
	N	16	16	16	16	16
Velocidade na fase concêntrica (km/h)	rho	,262	,250	,247	,281	,321
	p	,327	,350	,356	,292	,226
	N	16	16	16	16	16

**Tabela 6** – Correlação do som com o equilíbrio

		Tempo da fase de apoio – som (ms)	Impulso da fase excêntrica – som (dB.s)	Impulso da fase de apoio – som (dB.s)	Intensidade máxima do som - medida (dB)	Intensidade máxima do som (dB)
Percurso total (cm)	rho	,194	,094	-,103	-,158	-,115
	p	,471	,729	,704	,560	,672
	N	16	16	16	16	16
Percurso AP (cm)	rho	,159	-,018	-,209	-,175	-,197
	p	,557	,948	,438	,516	,464
	N	16	16	16	16	16
Percurso ML (cm)	rho	,091	,176	-,024	-,210	-,044
	p	,737	,513	,931	,436	,871
	N	16	16	16	16	16
Velocidade média total (Km/h)	rho	,194	,094	-,103	-,158	-,115
	p	,471	,729	,704	,560	,672
	N	16	16	16	16	16
Velocidade média AP (km/h)	rho	,159	-,018	-,209	-,175	-,197
	p	,557	,948	,438	,516	,464
	N	16	16	16	16	16
Velocidade média ML (Km/h)	rho	,091	,176	-,024	-,210	-,044
	p	,737	,513	,931	,436	,871
	N	16	16	16	16	16
Entropia espectral AP	rho	-,141	,056	-,018	,210	,094
	p	,602	,837	,948	,436	,729
	N	16	16	16	16	16
Entropia espectral ML	rho	-,068	-,068	-,109	,153	-,032
	p	,803	,803	,688	,571	,905
	N	16	16	16	16	16